

フィリピン群島のニッケル及びクローム鉱床

著者	武田 晃幸
号	456
発行年	1975
URL	http://hdl.handle.net/10097/23922

氏名・(本籍)	九 ^け 武 ^だ 田 ^て 晃 ^{ゆき} 幸
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 4 5 6 号
学位授与年月日	昭和 5 0 年 2 月 2 6 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最 終 学 歴	東北大学理学部地学科地学第二卒業
学位論文題目	フィリッピン群島のニッケル及びクローム 鉱床
論文審査委員	(主査) 教 授 竹内 常彦 教 授 植田 良夫 教 授 青木謙一郎 助教授 山岡 一雄 助教授 大貫 仁

論 文 目 次

第 I 章 緒 言	第 VI 章 鉱床成因
第 II 章 地 質	第 VII 章 謝 辞
第 1 節 フィリッピンの地質概要	
第 2 節 Acoje 鉱山附近の地質	
第 III 章 超苦鉄質岩石の岩石学	
第 1 節 岩石の記載	
第 2 節 岩石及び造岩鉱物の化学組成	
第 3 節 成因的考察	
第 IV 章 鉱床学	
第 1 節 Acoje 鉱山の初生ニッケル鉱床	
第 2 節 残留ニッケル鉱床	
第 3 節 Acoje 鉱山のクローム鉄鉱鉱床	
第 V 章 鉱石鉱物	
第 1 節 酸化鉱物	
第 2 節 硫化鉱物	
第 3 節 自然金属・自然含金鉱物	

論文内容要旨

フィリピン群島には超苦鉄質岩類とそれに伴ったニッケルクローム鉱床の存在が知られている。ニッケル鉱床では、1970年5月Acoje 鉱山で始めて硫化ニッケル鉱床が開発稼行された。風化残留ニッケル鉱床(含ニッケルラテライト鉱床)は、現在開発途上であり、1~2の鉱山が1975年に生産を始める予定である。クローム鉱床のいくつかは1930年代から稼行されていたがその埋蔵量や鉱床記載の2, 3の論文が報告されているにすぎない。

筆者は、フィリピンの超苦鉄質岩類の産状、岩石学的検討を行い、更に主としてAcoje 鉱山のニッケル鉱床、クローム鉱床と鉱石鉱物の鉱床学的研究を行い、超苦鉄質岩類の火成活動とニッケル、クローム鉱床の鉱化作用との成因的關係、生成環境を明らかにした。

フィリピンの超苦鉄質岩類は、下記の3配列を示して分布する。

1. Luzon 島東縁— Leyte 島— Samar 島— Mindanao 島東縁
2. Luzon 島西部— Mindoro 島— Palawan 島
3. Mindoro 島— Romblon 島— Panay 島— Mindanao 島西部

この貫入時期は中生代白亜紀末と考えられる。

即ち、フィリピン全体が中性代中期の海進に始まり南北方向の沈降運動を続け地向斜を形成した。白亜紀末にアルプス造山運動に伴う褶曲、隆起により南北方向の構造帯が発生し、その構造帯沿いに貫入したアルプス型超苦鉄質岩類岩体では、Luzon 島西縁 Zambales 地方の岩体が最大であり、南北150km、東西35kmの分布を示す。

このZambales 超苦鉄質岩類はAcoje 鉱山では、ズン橄欖岩、橄欖岩類(ハルツバージャイト、レルゾライト、ウェルライト)、輝石岩(橄欖石単斜輝石岩、単斜輝石岩)よりなり、中新世の斑粉岩—閃緑岩に貫入されている。ズン橄欖岩と橄欖岩類は移化關係を示しニッケル、クローム鉱床を胚胎する母岩であり、一般に蛇紋岩化作用が著しい。

輝石岩は岩脈状にズン橄欖岩、橄欖岩類に貫入しているが、ニッケル、クローム鉱床は賦存しない。

Acoje 鉱山付近の超苦鉄質岩類23個の化学分析の結果、 $(\text{Mg} + \text{Ni}) \times 100 / (\text{Mg} + \text{Ni} + \text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3} + \text{Mn})$ 値は92~88を与え、アルプス型の超苦鉄質岩体として一般的な組成を示している。また超苦鉄質岩類を構成する橄欖石、斜方輝石、単斜輝石の化学組成を $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ 比、 Al_2O_3 含有量、チェルマック分子などから検討しても通常のアルプス型の超苦鉄質岩体の造岩鉱物として特異な性質をもつものではなく、また特に高压下での生成を示唆するものでもない。これらの造岩鉱物の化学組成に $\text{Mg}-\text{Fe}^{+2}$ 分配などから更に検討を加えると、Acoje 鉱山付近の超苦鉄質岩類は比較的高温・低圧の条件下、およそ $1,200^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ 、3~6 kbで平衡に達したことが示唆される。

Acoje 鉱山の鉱床は初成硫化ニッケル鉱床、風化残留ニッケル鉱床、クローム鉄鉱床よりなり、南北3,000m、東西1,500 mの地域に賦存する。初成硫化ニッケル鉱床は、鉱山南部に4鉱体賦存している。鉱体は $\text{N}10^\circ \sim 35^\circ \text{E}$ 、 $80^\circ \sim 90^\circ \text{SE}$ の走向傾斜を示し、硫化鉱物の80%以上は硫鉄ニッケル鉱の鉱染よりなる脈状鉱床である。鉱床母岩は著しく蛇紋岩化作用を受けた黒色緻密なズン橄欖

岩である。ニッケル鉱床CJ4—73脈, J4—86脈, K1—65脈)は, 明らかにクローム鉄鉱鉱体を切って分布する。クローム鉄鉱鉱体は, 現在まで大小27の鉱体が発見されている。鉱体の形状は脈状, 平板状, レンズ状を示すものが多い。鉱山南部ではNS~N20°E, 70°~90°SE, 鉱山北部ではNS~N20°W, 70°~90°SWの走向傾斜を示し, 平面的には母岩であるズン橄欖岩, 橄欖岩類の層状構造と緩く斜交した分布を示すが, 断面では明らかに母岩の層状構造を切って存在している。クローム鉱石は塊状鉱, 縞状鉱, 鉱染鉱を主体とする。

Acoje 鉱山の鉱石鉱物は, 風化残留ニッケル鉱床を除き次のものからなる。

酸化鉱物: クローム鉄鉱, 磁鉄鉱

自然金属・含金鉱物: 自然白金, 自然パラジウム, Ni-Fe 含金 (Awaruite), Co-Fe 含金 (Wairauite)

硫化鉱物: 硫鉄ニッケル鉱, 磁硫鉄鉱, 黄銅鉱, 含Mg鉄銅碲化鉱物 (Valleriite?), 紫ニッケル鉱

クローム鉄鉱は産状と晶出時期の違い, 化学組成の差によって造岩鉱物として産するクローム鉄鉱(I)と母岩の層状構造を切って存在するクローム鉱体を構成するクローム鉄鉱(II)に区別される。クローム鉄鉱(I), (II)の Cr_2O_3 含有量はEPMA分析によりそれぞれ38%以下と49%以上とwt%で明らかに差が認められる。磁鉄鉱も造岩鉱物として産する磁鉄鉱(I)とCu, Fe, Niの硫化鉱物と共生する磁鉄鉱(II)に分けられる。白金, パラジウムについては, Pt/Pd分布やニッケル鉱浮選試験の結果から自然金属又は自然白金・パラジウム合金として硫化鉱物と密接な関係を持ち, サイズは数 μ 以下の微細なものである。Ni-Fe合金, Co-Fe合金はEPMAの結果, Awaruite, Wairauiteと同定され, 共に磁硫鉄鉱と共生する磁鉄鉱(II)に取りこまれた粒状として単体又は両者共生して産する。硫鉄ニッケル鉱はクローム鉱体を切って賦存する硫化ニッケル鉱体を形成するものであり, 顕微鏡観察によると晶出時期及び産状, 即ち, 単体又はクローム鉄鉱(II)を取り囲んだり, 割目を充填する産状を呈する硫鉄ニッケル(I)と磁硫鉄鉱, 黄銅鉱, 磁鉄鉱(II)と共生し複雑な組織を示して, 硫鉄ニッケル鉱(I)を取りまいて産する硫鉄ニッケル鉱(II)に区別される。磁硫鉄鉱はEPMA分析結果, 単硫鉄鉱に近い組成のものと六方晶系に属するものと存在し, 又一部には含ニッケル磁硫鉄鉱も存在する。硫鉄ニッケル鉱(II), 黄銅鉱, 磁鉄鉱(II)と共生して産する場合が多い。黄銅鉱は単体で産するものではなく, 硫鉄ニッケル鉱(II), 磁硫鉄鉱, 磁鉄鉱(II)と複雑な共生関係で, あるいは磁硫鉄鉱中にlamellaとして産する。含Mg鉄銅碲物はValleriiteと推定されるもので磁硫鉄鉱, 硫鉄ニッケル鉱(II), 黄銅鉱と共生関係で産する。紫ニッケル鉱は硫鉄ニッケル鉱の二次鉱物として産する。

以上の事実を総合してAcojeのニッケル及びクローム鉱床の成因を考察する。

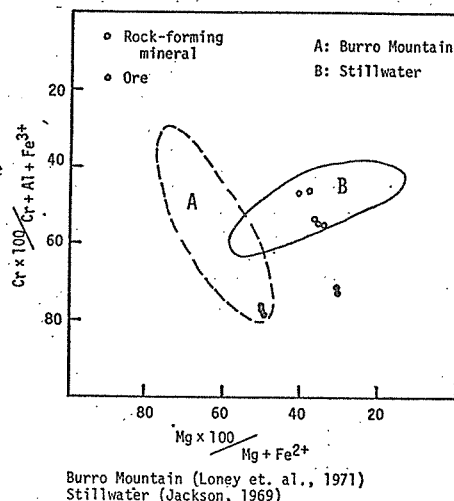
Acoje 鉱山のニッケル・クローム鉱床は白亜紀末の造山期に貫入したアルプス型のZambales超苦鉄質岩体火成活動と成因的關係を有するもので, 超苦鉄質岩類形成後にクローム鉄鉱床が形成され, 更にその後には初生硫化ニッケル鉱床が形成された。諸種鉱物の形成期はStage(I), (II), (III)に大別できる。Stage(I)は超苦鉄質岩類造岩鉱物の晶出期であり, 主として珪酸塩鉱物の形成期である。Stage(II)はクローム鉄鉱鉱体を形成するクローム鉄鉱(II)の晶出期であり,

Temperature Minerals	Stage (I)	Stage (II)	Stage (III)
Olivine	—————		
Chromite (I)	—————		
Orthopyroxene	—————		
Clinopyroxene	—————		
Magnetite (I)	—————		
Chromite (II)		—————	
Awaruite			—————
Wairauite			—————
Pentlandite			—————
Pyrrhotite			—————
Chalcopyrite			—————
Valleriite			—————
Magnetite (II)			—————

第1図 AOCJE 鉬山鉬物晶出順序

主として硫化鉬物の形成期である。Stage (Ⅲ) はニッケル鉬床を形成する硫鉄ニッケル鉬の晶出期であり、主として硫化鉬物の形成期である。これに顕微鏡観察の結果を加えた鉬物の晶出順序は第1図の如くであったと考える。Stage (I) で超苦鉄質岩類が晶出形成された物理条件は造岩鉬物の共生関係、Mg-Fe 分配、化学組成からおよそ1,200 °C、3 ~ 6 kb であったと推定される。この母体は珪酸塩融溶体であり、Stage (Ⅱ)、(Ⅲ) をもたらした母体とは既に分離していたと考える。即ち、Stage (Ⅱ)、(Ⅲ) の鉬物を晶出した母体は、Ni, Fe, Cu, S を含むクローム鉄鉬融溶体であったと考える。このことはクローム鉄鉬 (I)、(Ⅱ) の化学組成の違い、第2図に示す如くクローム鉄鉬の組成変化経路が異なること、Stage (I) の最終産物と考えられる単斜輝石岩にクローム鉄鉬が造岩鉬物として含まれていないことなどからクローム鉄鉬を形成したクローム鉄鉬は、造岩鉬物の延長として晶出したものとは考え難く、別の融体から形成されたものとするのが妥当である。即

ち母岩漿は当初、珪酸-クローム鉄鉬-硫化物組成をもち温度の低下とともに2種の不混和流動体 (珪酸塩流動体とNi, Fe, Cu, S を含むクローム鉄鉬流動体) へと分離-溶離したものと考えられる。このクローム鉄鉬融体はNi, Fe, Cu, S を含むものであるが、S は不足気味であり、且つ fugacity は低かったと考える。これはNi-Fe, Co-Fe 合金鉬物の存在や、単硫鉄鉬に近い組成の磁硫鉄鉬の存在から推定される。又 Stage (Ⅱ)、(Ⅲ) に晶出する脈石鉬物が殆んどないことから比較的Dry な状態であったと考える。このクローム鉄鉬融体からStage (Ⅱ) でクローム鉄鉬 (Ⅱ)、



第2図 Chromite の $\text{Cr} \times 100 / \text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{+3} - \text{Mg} \times 100 / \text{Mg} + \text{Fe}^{+2}$ 図
Burro Mountain (Loney et al., 1971)
Stillwater (Jackson, 1969)

Ni - Fe, Co - Fe 合金鉱物が晶出した。この結果残漿にはNi, Fe, Cu, Sが濃集し温度の低下により Stage (Ⅲ) の硫鉄ニッケル鉱 (I), 磁硫鉄鉱, 硫鉄ニッケル鉱 (Ⅱ), 含Mg鉄銅硫化鉱物, 磁鉄鉱 (Ⅱ) の晶出が行なわれた。Craig と Kullerud (1969) によれば, 硫鉄ニッケル鉱の安定温度の上限は $610^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ とされている。従って, Stage (Ⅲ) の晶出開始温度は 600°C 以下であったと考えられる。このStage (Ⅱ) の鉱物晶出終了をもって, 超苦鉄質岩類を形成した岩漿貫入に始まる一連の火成活動, 鉱化作用は終了した。なお蛇紋岩化作用は超苦鉄質岩類を形成した火成活動に伴うものもあるが, 大部分は中新世の斑粉岩一閃緑岩の貫入に伴うものであり, ニッケル・クローム鉱床を胚胎している構造帯, 剪断帯や貫入境界附近の超苦鉄質岩類に強く作用したと考える。これは地質学的事実とも一致している。

論文審査の結果の要旨

本論文はフィリッピンの超苦鉄質岩類の産状と岩石学的検討を行い、同岩類と関係して生成したクロームおよびニッケル鉱床の鉱床学的研究と鉱石鉱物の同定と共生関係を検討し、超苦鉄質岩類の火成活動と、クロームおよびニッケル鉱床の鉱化作用との成因的關係と生成環境を明らかにしたものである。

フィリッピンの超苦鉄質岩類は南北方向に3つの配列をなして分布するが何れも白亜紀末の造山運動に伴う構造帯に貫入したもので、ズン橄欖岩、ハルツバージャイト、レルズライト、ウェルライト、輝石岩からなり、中新世の斑輝岩—閃緑岩に貫入されている。超苦鉄質岩類23個および造岩鉱物としての橄欖石4個、斜方輝石3個、単斜輝石13個の化学分析を行い、種々の検討を行った結果、本岩類は通常のアルプス型のもので比較的高温・低圧下、およそ1,200℃、3-6kbで平衡に達したものであることを推定している。

クロームおよびニッケル鉱床はズン橄欖岩および橄欖岩類を母岩としており、クローム鉄鉱鉱体は脈状、平板状、レンズ状をなし、橄欖岩類の層状構造と緩く斜交して塊状鉱、縞状鉱、鉱染鉱を主とする。ニッケル鉱床は初成硫化ニッケル鉱床と風化残留ニッケル鉱床からなり、前者は硫化ニッケル鉱の鉱脈で明らかにクローム鉄鉱鉱体を切って分布する。

鉱石鉱物はクローム鉄鉱、磁鉄鉱、自然白金、自然パラジウム、アウルアイト、ワイラウライト、ペントランダイト、磁硫鉄鉱、黄銅鉱およびバレー鉱を顕微鏡観察とEPMA分析により同定し、橄欖石、斜方輝石を合せて鉱物晶出順序を決定している。

さらに鉱物晶出期を3期に分け、第1期は超苦鉄質岩類の造岩珪酸塩鉱物の生成期、第2期はクローム鉄鉱およびニッケル、コバルトの鉄合金の生成期はペントランダイトを主とする硫化鉱物の形成期としそれぞれの形成期の温度および生成環境を推定し、超苦鉄質岩岩漿から超苦鉄質岩類—クローム鉱床—ニッケル鉱床への一連の生成過程を解明している。

以上を要するに本研究は従来比較的研究の少ない岩漿性鉱床の成因について新知見を興えたもので、博士論文として合格と判定する。